Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 15, No. 4, Oct- Nov 2019, p. 517-527

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 15، شماره 4، مهر - آبان 1398، ص. 527-517

بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی فیلم خوراکی بر پایه امولسیون نشاسته و اسید اولئیک و پوشش‌دهی میوه گوجه‌سبز

مسعود تقی‌زاده[1]*- اسما اقبال[2]

تاریخ دریافت: 1396/06/31
تاریخ پذیرش: 1397/08/15

چکیده

امروزه از فیلم‌های خوراکی متنوعی برای بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شود. استفاده از این مواد زیست تخریب‌پذیر روشی نوین برای جایگزینی مواد پلیمری و افزایش ماندگاری مواد غذایی است. هدف اصلی این پژوهش تولید فیلم خوراکی بر پایه نشاسته و اسید اولئیک و بررسی ویژگی‌های آن (ضخامت، حلالیت، نفوذپذیری به بخار آب و مقاومت کششی) است. پس از این بررسی‌ها یکی از تیمارهای مناسب انتخاب و در سه غلظت برای پوشش گوجه‌سبز استفاده و موارد افت وزن، pH، رنگ و سفتی نمونه‌ها در طول 4 هفته بررسی شد. با افزایش میزان اسید اولئیک در فیلم‌های تولید شده میزان ضخامت افزایش ولی مقاومت کششی، حلالیت و نفوذپذیری فیلم‌ها به‌صورت معنی‌داری کاهش پیدا کرده است. نمونه حاوی 10% اسید اولئیک به‌عنوان بهترین فیلم از لحاظ حلالیت و نفوذپذیری به بخار آب برای پوشش‌دهی انتخاب شد. در پوشش تهیه شده برای میوه گوجه‌سبز، با افزایش میزان ماده جامد محلول، میزان افت وزن و افزایش pH در طول زمان با آهنگ کمتری اتفاق افتاده است و همچنین تغییرات رنگ نیز نسبت به نمونه شاهد در آنها کمتر می‌باشد. دو غلظت 10 و12% نیز نتایج مشابه را نشان می‌دادند.

واژه‌های کلیدی: نشاسته، اسید اولئیک، فیلم خوراکی، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی

مقدمه

با توجه با مخاطرات محصولات پلیمری و افزایش آلودگی های محیط زیست در سال‌های اخیر، توجهات برای استفاده از فیلم خوراکی برای بسته‌بندی مواد غذایی بسیار افزایش یافته است. یکی از روش‌های نگهداری مواد غذایی استفاده از پوشش های خوراکی است چرا که فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی نقش مهمی در نگهداری، توزیع و بازاریابی محصولات غذایی دارند (Bourtoom *et al*., 2008). فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی لایه نازکی از مواد عموماً طبیعی و غیرطبیعی خوراکی می‌باشند که بر روی سطح خارجی مواد غذایی قرار گرفته و توسط مصرف‌کننده همراه با ماده غذایی مصرف می‌شود (Baldwin *et al*., 2001; Fakhouri *et al*., 2015). با قرار دادن مواد غذایی در محلول‌های پوششی، لایه نازکی از آن بر روی سطح ماده غذایی ایجاد می‌گردد که به آنها پوشش‌های خوراکی گفته می‌شود. تحقیقات در زمینه یک سیستم جایگزین برای نگهداری مواد غذایی در سال‌های اخیر گسترش بسیاری یافته است و به‌نظر می‌رسد که فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی بیشترین توجه را در زمینه نگهداری محصولات تازه یا فرآیند حداقلی سبزیجات و میوه‌ها در زمان نگهداری را به‌خود اختصاص داده‌اند (Galus *et al*., 2012; Villacres et *al*., 2014). قرن‌ها است که از پوشش‌های خوراکی به‌منظور افزایش ماندگاری و کاهش افت وزن و افزایش درخشندگی میوه‌ها و سبزیجات استفاده می‌شود (Embuscado *et al*., 1991). فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی یکی از موثرترین راه‌ها برای در امان داشتن محصولات تازه یا نیمه فرآینده شده در برابر فساد و افت کیفیت در طول زمان نگهداری می‌باشد. میوه و سبزیجات تحت فرآیندهای متابولیکی مختلف هستند مانند تنفس که در آن سلول‌ها اکسیژن را مصرف و دی‌اکسید کربن را تولید می‌کنند. در میوه‌ها تعرق نیز صورت می‌گیرد که در آن بخار آب موجود در بین دیواره‌های سلولی گیاه تبخیر می‌شود. با استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی می‌توان میزان نفوذ بخار آب، اکسیژن و دی‌اکسید کربن را کنترل کرد (Baldwin *et al*., 2001; Villacres *et al*., 2014). همچنین پوشش‌های خوراکی قابلیت بهبود در حفظ رنگ، اسید، قند و طعم در طول زمان نگهداری را دارا هستند (Nisperos-Carriedo *et al*., 1992).

---

1 و 2- به‌ترتیب استادیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
(* - نویسنده مسئول: Email: mtaghizadeh @um.ac.ir)

DOI: 10.22067/ifstrj.v15i4.65266

ترکیبات شیمیایی برپایه مواد طبیعی استفاده شده برای فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی بر اساس منشا به دسته‌های متفاوتی مانند: پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، چربی‌ها، رزین‌ها و واکس‌ها تقسیم می‌شوند و معمولاً از ترکیباتی مانند کیتوزان، نشاسته، سلولز، آلژینات، زئین، ژلاتین، پروتئین آب پنیر،گلوتن، واکس‌ها و موم‌های برای پوشش‌دهی مواد غذایی استفاده می‌شود (Baldwin *et al*., 2011; de Aquino *et al*., 2015).

نشاسته یکی از پلیمرهای طبیعی بوده که به مقدار بسیار زیادی در طبیعت یافت می‌شود و همچنین دارای قیمت بسیار پایینی است و به دلیل ساختار خود که حاوی آمیلوز و آمیلوپکتین است، گزینه بسیار مناسبی برای استفاده از آن به‌عنوان فیلم و پوشش خوراکی می‌باشد زیرا نشاسته نسبت به نفوذ اکسیژن کاملا مقاوم بوده و نسبت به CO_2 نیمه تراوا است و دارای ویژگی‌های مکانیکی مناسبی است در نتیجه برای فیلم‌های بسته‌بندی و پوشش‌های خوراکی مناسب می‌باشد (Baldwin *et al*., 2011; Jimenez *et al*., 2012). یکی از ایرادات نشاسته برای این کار، خاصیت هیدروفوبیکی آن می‌باشد که نسبت به بخار آب تراوا بوده و رطوبت را از خود عبور می‌دهد. برای رفع این ایراد، می‌توان از نشاسته به‌صورت‌های اصلاح شده متفاوتی برای پوشش‌دهی و تولید فیلم استفاده کرد. مانند نشاسته در هم تنیده شده (Cross-link)، نشاسته اکسیداز و نشاسته هیدرولیز شده. همچنین می‌توان از نشاسته با درصدهای مختلف آمیلوز و آمیلوپکتین نسبت به هم استفاده کرد (Embuscado *et al*., 1991). یکی از روش‌های کاهش قابلیت نفوذپذیری به بخار آب برای فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی استفاده از ترکیبات هیدروفوب مانند واکس‌ها، زئین و منوگلیسیرید استیله می‌باشد (Petersson *et al*., 2005; Anker *et al*., 2002) که در آنها پوشش‌های خوراکی به‌صورت دو لایه قرار دارد به‌گونه‌ای که در قسمت زیرین، نشاسته و در قسمت رویین، بخش آبگریز قرار می‌گیرد که مانع از خروج بخار آب می‌شود. در پژوهش‌های اخیر برای جلوگیری از تبخیر بخار آب و نفوذ آنها در فیلم‌های خوراکی از روغن‌های گیاهی مانند آفتابگردان، اسید استئاریک و اسید اولئیک که به‌صورت امولسیون در آمده استفاده می‌شود. هرچه اندازه ذرات امولسیون کوچکتر و در ابعاد نانو باشد، حائل بهتری در برابر ورود و خروج بخار آب خواهد بود. همچنین اندازه کوچکتر ذرات امولسیون می‌تواند بر روی واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی، افت وزن و دیگر ویژگی‌های کیفی اثرگذار باشد (Schmidt *et al*., 2013; Sanchez-Ortega *et al*., 2016; Galus *et al*., 2015). هدف این پژوهش استفاده از نشاسته اکسید شده به‌عنوان پایه برای تولید فیلم خوراکی است زیرا نشاسته اکسید شده دارای ویسکوزیته پایینی و شفافیت بالایی می‌باشد. همچنین برای بهبود ویژگی‌های نگهدارندگی، از درصدهای مختلف اسید اولئیک برای تولید فیلم استفاده شده است. سپس نمونه بهینه به‌عنوان پوشش خوراکی بر روی سطح گوجه سبز مورد استفاده قرار گرفته، مدت ماندگاری آن در زمان یخچال‌گذاری مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

نشاسته اکسید شده از شرکت گلوکوزان، گلیسرول، تویین 80 و اسید اولئیک از شرکت مرک آلمان و سایر ترکیبات شیمیایی مانند نیترات منیزیم، کربنات کلسیم از شرکت مجللی و گوجه سبز از بازار محلی کرج تهیه شدند.

آماده‌سازی سوسپانسیون نشاسته

برای تولید امولسیون روغن و سوسپانسیون نشاسته از روش سانچز-اورتگا و همکاران (2016)، با کمی اصلاح استفاده شد. ابتدا 4 گرم نشاسته اکسید شده را در 100 میلی‌لیتر آب مقطر حل کرده و به مدت20 دقیقه در دمای 80 درجه با سرعت 50 دور بر دقیقه همزده و در انتهای مرحله آماده‌سازی نشاسته، گلیسرول به نسبت 1 :0/34 ماده خشک نشاسته به‌عنوان نرم‌کننده به محلول اضافه شد.

آماده‌سازی امولسیون و تولید فیلم

برای تولید امولسیون از روش سانچز-اورتگا و همکاران (2016)، با کمی اصلاح استفاده شد. نسبت‌های مختلف ماده خشک به اسید اولئیک 1: 0/05، 1 : 0/10 ، 1: 0/15 به محلول اضافه و همچنین از توئین 80 به‌عنوان امولسیفایر به نسبت 0/2 :1 اسید اولئیک به محلول افزوده شد. برای ایجاد ذرات امولسیون ترکیب حاصل را به‌وسیله (هوموژنایزر) اولتراتوارکس (T25-digitalultra turrax, staufen, Germany) به مدت 3 دقیقه با دور 13000 دور بر دقیقه و به مدت 2 دقیقه با دور 18000 دور بر دقیقه همزده، سپس به مدت 3 الی 5 دقیقه تحت تیمار اولتراسونیک (Model VCX 750, Sonics & Material Inc., Newtown, CT,USA) قرار داده تا امولسیون پایدار تشکیل شد. سپس 30 میلی‌لیتر از محلول را در پتری‌های 10 سانتی‌متری ریخته و در آون تراز شده در دمای 30 درجه به مدت 48 ساعت به‌منظور خشک شدن قرار داده شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیلم خوراکی

ضخامت فیلم

برای اندازه‌گیری ضخامت از میکرومتر با دقت 0/01 mm استفاده شد. میزان ضخامت در 5 نقطه از فیلم اندازه‌گیری و میزان میانگین آن گزارش شد.

حلالیت فیلم

برای اندازه‌گیری میزان حلالیت فیلم قطعات مربعی شکل 2 سانتی‌متری از فیلم تهیه شد. میزان وزن خشک نمونه با خشک کردن

آنها در آون 105 درجه به مدت 24 ساعت به‌دست آمد. سپس نمونه‌ها را در محفظه 50 میلی‌لیتری آب به مدت 24 ساعت قرار داده شد. سپس فیلم از آب خارج شده و در آون 105 درجه سانتی‌گراد به مدت 24 ساعت به‌منظور خشک شدن قرار داده شد. سپس میزان وزن نهایی اندازه‌گیری شد.

نفوذپذیری به بخار آب

برای اجرای این آزمایش از استاندارد ASTM-E96 استفاده شد. ابتدا درون سلول‌های اندازه‌گیری نفوذپذیری، کلرید کلسیم بدون آب ریخته و پس از آن سطوح سلول‌ها با فیلم و با استفاده از پارافین مذاب پوشانده شد. سلول‌ها درون دسیکاتور 25 درجه سلسیوس حاوی آب نمک اشباع قرار داده شد. اختلاف رطوبت در دو سمت فیلم در دمای 25 درجه سلسیوس، فشار بخار معادل 1753/55 پاسکال ایجاد کرد. بدین ترتیب تغییر وزن سلول‌ها طی زمان با استفاده از یک ترازوی دیجیتال با دقت 0/0001 گرم اندازه‌گیری شد، منحنی تغییرات رسم و شیب خط رسم شده به‌وسیله رگرسیون خطی محاسبه شد. میزان انتقال بخار آب (WVTR) از تقسیم شیب خط کشیده شده (گرم بر ثانیه) بر سطح فیلم (متر مربع) به‌دست آمد (رابطه 1)

$$WVTR = \frac{\text{شیب منحنی}}{\text{مساحت سطح فیلم}} \quad (1)$$

با ضرب کردن ضخامت فیلم در میزان انتقال بخار آب و تقسیم آن بر اختلاف فشار بین رطوبت نسبی درون سلول ها و رطوبت نسبی دسیکاتور، نفوذ پذیری به بخار آب به دست آمد (رابطه 2).

$$WVP = \frac{WVTR \times \text{ضخامت}}{\text{اختلاف فشار}} \quad (2)$$

مقاومت کششی

میزان مقاوت کششی، ازدیاد طول تا پارگی با استفاده از دستگاه (Testometric, M350-10CT, England) و طبق استاندارد ASTM D882 ارزیابی شد. نمونه‌ها قبل از آزمون در دسیکاتور حاوی نیترات منیزیم (برای ایجاد رطوبت نسبی 53%) قرار داده شد. نمونه‌های در ابعاد 10 سانتی‌متر در 1 سانتی‌متر تهیه وآنها را بین فک‌ها با فاصله 50 میلی‌متر قرار داده و با بار سل 50kg با سرعت 10 میلی‌متر بر ثانیه تا نقطه شکست مورد آزمون قرار داده شد.آزمون حداقل با 5 تکرار برای هر فیلم انجام شد و مقادیر مقاومت کششی و ازدیاد طول تا پارگی از روی منحنی های تنش- کرنش به‌دست آمدند.

آماده‌سازی و کاربرد پوشش خوراکی

پس از بررسی پارامترهای فیلم درصد مناسب اسید اولئیک انتخاب شده، سپس محلول پوششی نشاسته و اسید اولئیک 8 ،10، 12 گرم در لیتر بر اساس فرمولاسیون فیلم که شامل نشاسته، گلیسرول، اسید اولئیک و توئین 80 است تهیه شد.

آماده‌سازی گوجه سبز

گوجه سبزهای مورد استفاده با اندازه‌های یکسان و در رنگ‌های یکنواخت انتخاب شدند. سپس به مدت 30 دقیقه با آب شستشو داده شده و در دمای اتاق خشک گردیدند. برای پوشش‌دهی، نمونه‌ها در محلول مربوطه به مدت 1 دقیقه قرار داده شده، سپس در دمای محیط خشک شدند. نمونه‌های پوشش داده شده برای انجام آزمون‌های بعدی به مدت 28 روز در دمای 2 تا 7 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

ویژگی‌های گوجه سبز

افت وزن

میزان افت وزن نمونه‌ها در طول نگهداری با استفاده از ترازوی 0/0001 اندازه‌گیری شده و میزان افت وزن به‌صورت درصد گزارش شد.

pH

میزان pH گوجه سبز پس از آبگیری از گوجه سبز توسط دستگاه pHسنج اندازه‌گیری شد.

رنگ میوه

رنگ پوسته پارامتری موثردر بازارپسندی گوجه سبز می‌باشد. رنگ پوسته میوه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش در بازه زمانی 4 هفته با استفاده از رنگ‌سنج هانترلب (D24-DP، 9000، آمریکا) به‌صورت عددی *L*،a و *b (به‌ترتیب سفید به سیاه، سبز به قرمز و آبی به زرد) تعیین و گزارش شد. تغییرات رنگ کلی (ΔE) با استفاده از (رابطه 3) محاسبه شد.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (3)$$

L_0^* و a_0^* و b_0^* پارامترهای رنگی نمونه‌های گوجه سبز تازه و L^*، a^* و b^* پارامترهای رنگی نمونه‌های گوجه سبز پس از نگهداری هستند.

سفتی

برای اندازه‌گیری میزان سفتی پوسته نمونه، از دستگاه بافت‌سنج با انجام آزمون نفوذ استفاده شد. پروب مورد استفاده، پروب 4/5 میلی‌متری با سرعت 30 میلی‌متر بر دقیقه بود و بیشترین میزان نیروی به‌دست آمده برای نفوذ به عمق 1 سانتی‌متری میوه به‌عنوان سفتی نمونه گزارش گردید.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

آنالیز واریانس با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. آزمایشات بر پایه طرح کاملا تصادفی و در قابل فاکتوریل و طرح دانکن و در سطح معنی‌داری 5% مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

ضخامت فیلم

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ضخامت فیلم نشان داد افزوده شدن اسید اولئیک باعث افزایش میزان ضخامت فیلم‌های خوراکی می‌شود. با توجه به نتایج (جدول 1) بیشترین میزان ضخامت مربوط به فیلم حاوی 15% اسید اولئیک است. کمترین میزان مربوط به نمونه شاهد می‌باشد. این تغییرات در ضخامت در فیلم‌های حاوی 5 و 10% کمتر بوده ولی با افزایش میزان غلظت به 15% میزان ضخامت به‌صورت معنی‌داری افزایش پیداکرده است. نتایج مشابهی نیز توسط فخوری و همکاران (2009)، و Rhim و همکاران (1999)، با افزایش اسیدچرب فیلم گزارش شده است. یکی از دلایلی که افزودن اسید چرب باعث افزایش ضخامت فیلم می‌شود مربوط به افزایش میزان ماده کل در زمان خشک شدن حلال بوده است. همچنین با افزایش اسید اولئیک به ماتریکس پلیمری تعامل بین مولکول‌های پلیمری کاهش یافته و بافت غیرمنسجم و حفره‌دار تشکیل می‌شود که این امر منجر به افزایش ضخامت فیلم می‌شود (Wu *et al*., 2017).

جدول 1- نتایج درصدهای اسید اولئیک بر روی ویژگی‌های فیلم‌های تولید شده

اسید اولئیک (درصد)	ضخامت (mm)	حلالیت (%)	نفوذ پذیری به بخار آب (g/m sec pa)×10^{-10}	مقاومت کششی (MPa)	ازدیاد طول تا پارگی (%)
صفر	0/137±/008 ^{c}	23/70±/92^{a}	2/42±/19^{a}	10/05±/60^{a}	37/45±9/09^{c}
5	0/198±/016 ^{b}	19/50±/85^{b}	1/83±/11^{b}	8/94±/71^{b}	55/70±3/50^{ab}
10	0/222±/013 ^{b}	17/16±/71^{c}	1/33±/05^{d}	6/01±/52^{c}	65/93±4/94^{a}
15	0/302±/034 ^{a}	16/34±/90^{c}	1/57±/10^{c}	3/24±/36^{d}	50/46±8/78^{b}

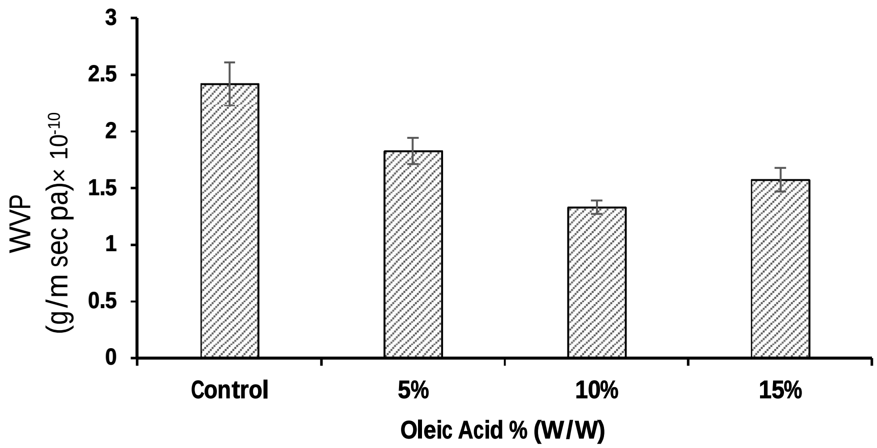
حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار میان اعداد هر ردیف می‌باشد. (P> 0/05 ، n=3)

حلالیت

اثر روغن بر روی حلالیت‌ها متفاوت بوده در بعضی گزارش‌ها روغن‌ها باعث افزایش و در بیشتر موارد باعث کاهش میزان حلالیت می‌شود. که این نتایج می‌تواند به دلیل ماهیت ماده پایه فیلم برهمکنش آنها و نوع اسید چرب مورد استفاده متفاوت باشد. با تغییر در میزان اسید اولئیک میزان حلالیت فیلم‌ها تغییرات معنی‌داری داشت (جدول 1). با افزایش میزان اسید اولئیک میزان حلالیت کاهش یافته است که این می‌تواند به دلیل تغییر در میزان قطبیت ترکیبات فیلم باشد که با افزایش اسید اولئیک که غیرقطبی است میزان آبگریزی در فیلم افزایش یافته و قسمت‌های قطبی را از دسترس آب دور نگه می‌دارد. البته این تغییرات نسبت به شاهد بیشتر بوده و در نسبت های 10 و 15% معنی‌دار نیست.

نفوذ پذیری به بخار آب

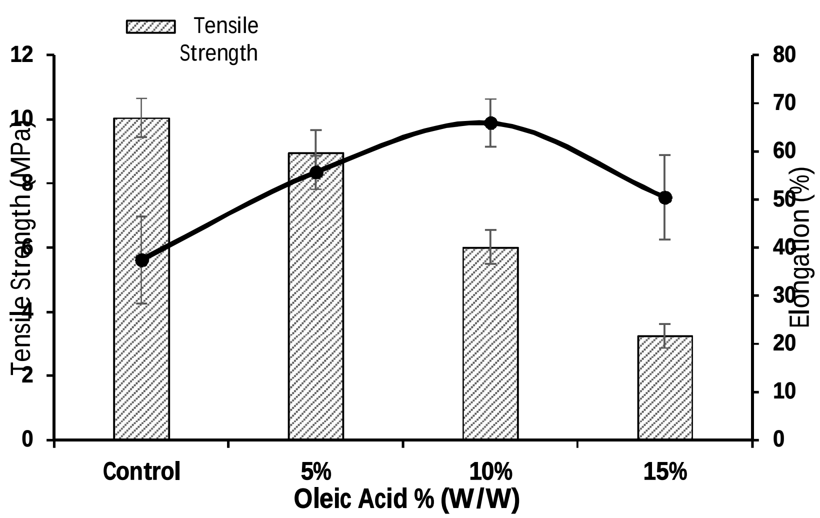
میزان نفوذ پذیری نسبت به بخار آب و سرعت عبور بخار آب از فیلم ها تحت تاثیر طبیعت آب دوست یا آب گریز بودن مواد، فرایند ساخت، نوع و مقدار و نحوه توزیع افزودنی های مورد استفاده، وجود حفره ها، شکاف ها، پیچ و خم ها و سرانجام چگونگی نظم در ساختار پلیمر می باشد (Vasconez *et al.* 2009). گلیسرول موجود در فرمولاسیون نیز به نوعی نفوذ پذیری را کاهش می دهد زیرا با ایجاد حالت نرم کنندگی از ایجاد ترکهای ریز در فیلم جلوگیری کرده و مانع از عبور راحت بخار آب می شود. با توجه به نتایج بدست آمده کمترین میزان نفوذ پذیری به بخار آب مربوط به اسید اولئیک 10% می باشد که با افزایش مقدار به 15% میزان نفوذ پذیری کاهش یافته است . اسید اولئیک به دلیل خاصیت هیدروفیلی ضعیف به صورت معنی داری میزان عبور بخار آب را کاهش می دهد که مشابه نتایج به دست آمده توسط Garcia و همکاران (2000) بوده است. در برخی از تحقیقات، اسید اولئیک بر روی میزان نفوذ پذیری بخار آب تاثیر زیادی نداشته است مانند تاثیر اسید اولئیک بر روی سدیم کازئینات (Fabra et al. 2010)، هیدروکسی کربوکسی متیل سلولز (Jimenez *et al*. 2010) و نشاسته (Jimenez *et al*. 2012) که این نشان دهنده واکنش یا نحوه قرار گیری اسید اولئیک در ساختار فیلم می باشد. اما در پژوهش حاضر از توئین 80 استفاده گردید.بدین ترتیب اسید اولئیک به صورت همگن و پایدار در محلول فیلم پخش شده و به صورت معنی داری جلوی عبور بخار آب را می گیردزیرا امولسیون های ریز و پایداری به وسیله روش تولیدی امولسیون تشکیل شده است.



شکل 1- اثردرصدهای مختلف اسید اولئیک بر روی نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌های نشاسته اکسید شده

ویژگی‌های مکانیکی

با توجه به نتایج با افزایش میزان اسید اولئیک میزان مقاومت کششی کاهش یافته است. این تغییرات در سطح احتمال 95% به‌صورت معنی‌دار می‌باشد. در طرف مقابل با افزایش اسید اولئیک میزان ازدیاد طول افزایش یافته است و این میزان در 15% دوباره کاهش داشته است. با توجه به اینکه اسید اولئیک یک اسید چرب با زنجیره کوتاه است می‌تواند در بین رشته‌های آمیلوز و آمیلوپکتین قرار گرفته و نقش نرم‌کننده را داشته باشد و به این دلیل میزان پیوندهای عرضی هیدروژنی را در فیلم کاهش یافته و مقاومت آن کاهش پیدا کرده است و به دنبال آن به دلیل توزیع خوب و مناسب اسید اولئیک کشش‌پذیری فیلم افزایش یافته است (Jimenez *et al*. 2012; Bonilla *et al*. 2012). اما در سطح 15% این میزان اسید اولئیک بسیار زیاد بوده فاصله بین رشته‌های آمیلوز و آمیلوپکتین را زیاد کرده که به دنبال آن فیلم ضعیف شده و مقاومت کششی و ازدیاد طول نیز هر دو کاهش پیدا کرده اند.



شکل 2- اثر غلظت های مختلف اسید اولئیک بر مقاومت کششی و ازدیاد طول تا پارگی

ویژگی‌های گوجه سبز

با توجه به پارامترهای به‌دست آمده در قسمت تولید فیلم از نظر مقاوم مکانیکی و شفافیت و نفوذپذیری به بخار آب فرمولاسیون فیلم تولید شده با 10% اسید اولئیک انتخاب شده و طبق آن محلول‌های با ماده خشک 8، 10 و 12 درصد برای تولید پوشش بر روی میوه گوجه سبز انتخاب شد.

جدول 2- نتایج اثر درصد ماده خشک‌های مختلف پوشش بر روی ویژگی‌های گوجه سبز در طول زمان

زمان	درصد ماده خشک (W/W)	افت وزن (٪)	pH	سفتی (N)	رنگ l	رنگ a	رنگ b	رنگ ΔE
روز صفر	شاهد	۰ ^{k}	۳/۳۸±/۰۰۵ ^{h}	۲۶/۱۶±۲/۲۵ ^{i}	۵۳/۴±۲/۸ ^{efg}	-۲۳/۶±۱/۵ ^{efghi}	۲۶/۸±۵/۷ ^{fg}	۵/۸۷±۳/۵ ^{fghij}
	۸٪	۰ ^{k}	۳/۳۷±/۰۰۵ ^{h}	۲۶/۲۶±۱/۶۷ ^{i}	۵۲/۴±۲/۷ ^{efgh}	-۲۳/۲±۱/۳ ^{efg}	۲۴/۸±۲/۸ ^{g}	۴/۷۳±۱/۵ ^{hij}
	٪۱۰	۰ ^{k}	۳/۳۸±/۰۰۵ ^{gh}	۲۶/۸۳±۱/۵۴ ^{hi}	۵۰/۴±۲/۴ ^{gh}	-۲۳/۸±۱/۱ ^{fghi}	۲۹±۱/۴ ^{def}	۳/۳۴±۱/۴ ^{i}
	٪۱۲	۰ ^{k}	۳/۳۷±/۰۰۵ ^{h}	۲۷/۱±۱/۲۲ ^{hi}	۴۹/۶±۲/۶ ^{h}	-۲۳/۸±۰/۷ ^{fghi}	۲۸/۸±۱/۸ ^{ef}	۳/۶۲±۱/۸ ^{hi}
روز ۷	شاهد	۱/۲۰±/۲۳ ^{h}	۳/۳۸±/۰۰۸ ^{gh}	۳۱/۹±۲/۰۱ ^{defg}	۵۸/۶±۲/۱ ^{cd}	-۲۵/۶±۱/۲ ^{i}	۳۴/۶±۲/۹ ^{ab}	۱۰/۶۵±۲/۹ ^{cd}
	۸٪	۰/۷۸±/۱۲ ^{ij}	۳/۳۸±/۰۰۵ ^{gh}	۳۰/۰۶±۱/۱۵ ^{g}	۵۳±۱/۸ ^{efgh}	-۲۵/۲±۱/۶ ^{ghi}	۳۲/۲±۳/۸ ^{abcde}	۵/۵۸±۱/۹ ^{ghij}
	٪۱۰	۰/۵۲±/۳۲ ^{j}	۳/۳۸±/۰۰۵ ^{gh}	۳۰/۵۳±۰/۷۵ ^{fg}	۵۴/۴±۴/۵ ^{ef}	-۲۵/۶±۲/۴ ^{i}	۳۲/۲±۲/۲ ^{abcde}	۷/۳۳±۲/۹ ^{efgh}
	٪۱۲	۰/۴۳±/۱۹ ^{j}	۳/۳۸±/۰۰۸ ^{gh}	۲۹/۶±۰/۴۳ ^{gh}	۵۱/۶±۱/۰ ^{fgh}	-۲۵/۴±۲/۱ ^{hi}	۳۳/۶±۱/۳ ^{abc}	۷/۰۲±۰/۸ ^{efgh}
روز ١٤	شاهد	۲/۷۱±/۳۱ ^{f}	۳/۴۲±/۰۰۹ ^{d}	۳۵/۲۶±۱/۲۷ ^{bc}	۶۰/۶±۳/۳ ^{c}	-۲۳/۶±۱/۳ ^{efghi}	۳۴/۸±۱/۸ ^{ab}	۱۲/۰۴±۳/۲ ^{c}
	۸٪	۱/۸۴±/۰۷ ^{g}	۳/۳۸±/۰۰۹ ^{gh}	۳۱/۶۶±۱/۲۴ ^{defg}	۵۵/۲±۱/۳ ^{ef}	-۲۳/۸±۰/۷ ^{fghi}	۳۱/۲±۱/۸ ^{bcde}	۶/۷۹±۱/۷ ^{efgh}
	٪۱۰	۱/۰۶±/۱۴ ^{hi}	۳/۳۷±/۰۰۵ ^{h}	۳۲/۳±۱/۶۶ ^{cdefg}	۵۳/۲±۴/۶ ^{efg}	-۲۲/۸±۱/۵ ^{ef}	۳۲/۶±۱/۷ ^{abcd}	۷/۳۸±۳/۰ ^{efgh}
	٪۱۲	۰/۹۵±/۱۵ ^{hi}	۳/۳۷±/۰۰۵ ^{h}	۳۱±۱/۰۸ ^{efg}	۵۲/۴±۳/۶ ^{efgh}	-۲۳±۱/۸ ^{ef}	۳۲/۶±۳/۰ ^{abcd}	۷/۰۲±۲/۳ ^{efgh}
روز ۲۱	شاهد	۶/۰۷±/۷۳ ^{c}	۳/۵۱±/۰۰۸ ^{b}	۳۶/۸±۱/۳۶ ^{b}	۶۸/۸±۲/۵ ^{b}	-۲۲/۶±۱/۸ ^{ef}	۳۵/۲±۱/۷ ^{a}	۱۴/۸۴±۲/۷ ^{b}
	۸٪	۴/۱۸±/۳۶ ^{d}	۳/۴۱±/۰۰۵ ^{de}	۳۳/۵۳±۰/۷۶ ^{cdef}	۵۹/۴±۱/۶ ^{c}	-۲۳/۴±۱/۲ ^{efgh}	۳۰/۸±۲/۶ ^{cde}	۹/۲۲±۱/۰ ^{de}
	٪۱۰	۲/۱۴±/۲۲ ^{g}	۳/۳۹±/۰۰۵ ^{fg}	۳۲/۳۳±۰/۹۴ ^{cdefg}	۵۵/۲±۲/۴ ^{ef}	-۲۱/۶±۲/۶ ^{de}	۳۲/۶±۱/۹ ^{abcd}	۷/۷۹±۱/۱ ^{defgh}
	٪۱۲	۱/۸۸±/۲۵ ^{g}	۳/۳۹±/۰۰۵ ^{fg}	۳۱/۸۳±۱/۴۳ ^{defg}	۵۴±۱/۱ ^{ef}	-۲۲±۰/۹ ^{ef}	۳۲/۶±۲/۶ ^{abcd}	۶/۳۸±۲/۱ ^{efghi}
روز ۲۸	شاهد	۹/۳۱±/۱۰ ^{a}	۳/۵۷±/۰۰۵ ^{a}	۴۱/۸۶±۲/۰۴ ^{a}	۶۸/۲±۲/۸ ^{a}	-۱۶/۲±۱/۶ ^{a}	۳۵/۲±۱/۲ ^{a}	۲۰/۰۴±۲/۷ ^{a}
	۸٪	۶/۹۵±/۵۶ ^{b}	۳/۴۳±/۰۰۵ ^{c}	۳۴/۶۶±۱/۲۴ ^{bcd}	۵۹/۸±۱/۷ ^{c}	-۱۷±۰/۹ ^{ab}	۳۲/۶±۱/۲ ^{abcd}	۱۲/۰۶±۰/۷ ^{c}
	٪۱۰	۴/۲۰±/۴۷ ^{d}	۳/۴۱±/۰۰۵ ^{d}	۳۳/۹۳±۰/۸۹ ^{bcde}	۵۵/۶±۲/۶ ^{de}	-۱۸/۶±۲/۱ ^{bc}	۳۲±۳/۵ ^{abcde}	۸/۸۹±۲/۹ ^{def}
	٪۱۲	۳/۴۸±/۳۱ ^{c}	۳/۴۰±/۰۰۵ ^{ef}	۳۲/۵±۱/۰۷ ^{cdefg}	۵۵±۲/۶ ^{ef}	-۲۰±۱/۴ ^{cd}	۳۲/۶±۳/۰ ^{abcd}	۸/۱۴±۲/۹ ^{defg}

حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار میان اعداد هر ردیف می‌باشد. (۰/۰۵ <P، n=۳)

افت وزن

مهمترین عامل مهاجرت آب افت وزن مربوط به مهاجرت آب از میوه در زمان نگهداری است (Duan *et al*., 2011). در این پژوهش با توجه به جدول 2 مشاهده می‌شود که میزان افت وزن برای نمونه‌های پوشش داده شده کمتر از نمونه شاهد است. بیشترین افت وزن مربوط به نمونه شاهد و کمترین آن مربوط به نمونه 12% ماده خشک است که به دلیل اینکه میزان ماده خشک آن بالاتر است ضخامت پوشش داده شده در آن بیشتر بوده و در نتیجه میزان افت وزن در آنها کمتر است. البته همانطور که مشاهده می‌شود تفاوت میان غلظت 10 و 12% معنادار نیست اما تفاوت میان غلظت 8 و 10% با یکدیگر معنادار می‌باشد. این نتایج مشابه دیگر نتایج به‌دست آمده در زمینه پوشش‌ها می‌باشد (Fakhouri *et al*., 2015; Ribeiro *et al*., 2007). این نتایج ویژگی مانعت‌کنندگی این محلول پلیمری را در برابر عبور بخارآب، اکسیژن، دی‌اکسید کربن تایید می کند (Mali *et al*., 2006; Garcia *et al*., 2000).

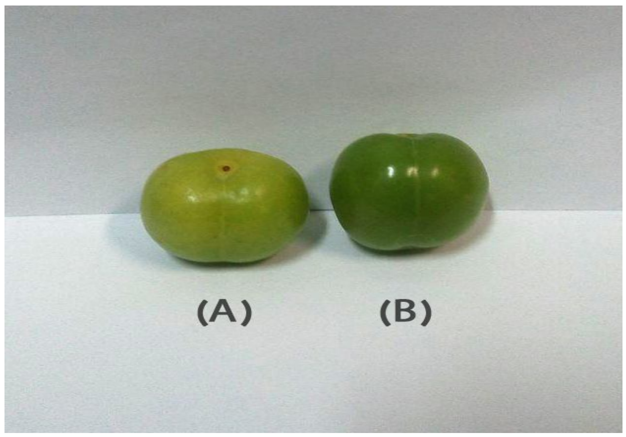
pH

با توجه به داده‌های ارائه شده در جدول 2 در تمامی تیمارها با گذشت زمان pH افزایش پیدا کرده است. البته در هفته اول تغییرات غیرمعنی‌دار بود اما در هفته دوم به بعد این افزایش در نمونه شاهد معنادار و در نمونه‌های با غلظت‌های مختلف معنادارنبود. افزایش میزان pH در نمونه شاهد نسبت به نمونه‌های پوشش داده شده به دلیل متفاوت بودن نرخ تنفس در آنها است. با کند شدن تفس تجزیه اسیدهای آلی که اصلی ترین ترکیبات تحت تاثیر تفس هستند کاهش می‌یابد که این عامل بر روی pH تاثیرگذار است (Duan *et al*., 2016). نمونه‌های دارای پوشش به علت ممانعت‌کنندگی در برابر عبور گازها مقدار سرعت تنفس را کاهش داده که به دنبال آن میزان تغییرات

pH در آن کندتر اتفاق می‌افتد. این نتایج مطابق نتایج به‌دست آمده توسط Abugoc و همکاران (2015)، و Gol و همکاران (2015)، می‌باشد.

رنگ میوه

میزان روشنایی و تغییرات رنگ پوسته‌ها در (جدول 2) نمایش داده شده است. تغییرات رنگ در هفته اول و دوم معنادار نیست اما با گذشت زمان در هفته سوم و چهار تغییرات معنادار بوده و در نمونه‌های شاهد میزان روشنایی در آنها بیشتر و میزان سبزی در آنها کمتر شده است (شکل 5). تغییرات رنگ در میوه‌ها می‌تواند در اثر از دست دادن رطوبت و واکنش‌های شیمیایی و آنزیم در آنها اتفاق بیافتد. آنزیم‌های پروتئولیتیکی مانند پلی‌فنول اکسیداز باعث تخریب ترکیبات فنولی می‌شود که بر روی رنگ تاثیرگذار است (Solvia-Fortuny *et al.*, 2002; Ramirez *et al.*, 2015). با توجه به نتایج به دلیل پوشش بر روی گوجه سبز تغییرات رنگ در نمونه دارای 12% ماده خشک کمترین میزان تغییرات رنگ در آن دیده و با توجه به تغییرات رطوبت می‌تواند همبستگی بین میزان تغییرات رطوبت و تغییرات رنگ را مشاهده کرد که در تیمارهای با تغییرات رطوبت پایین میزان تغییرات رنگ نیز در آنها کمتر می‌باشد.



شکل 3- گوجه سبز بدون پوشش (A)، گوجه سبز حاوی 10 ماده خشک (B).

سفتی میوه

عوامل متعددی می‌توانند بر روی سفتی اثرگذار باشند و اینکه با چه روش و چه قسمتی از ماده مورد آزمون قرار گرفته باشد نتایج متفاوت است. با توجه به (جدول 2) می‌توان دیدکه میزان سفتی پوسته در گوجه سبز با افزایش زمان به‌صورت معنی‌داری افزایش یافته است که بیشترین آن مربوط به نمونه شاهد و کمترین آن مربوط به نمونه حاوی 15% ماده خشک است. احتمالات مختلفی در مورد دلیل افزایش میزان سفتی بافت در طول دوره نگهداری وجود دارد مانند وجود کلرید در آب شستشوی میوه‌ها و ترکیب با پوشش یا پوسته و افزایش میزان سفتی میوه‌ها (Qi *et al.*, 2011) و یا مرتبط بودن آن با کاهش میزان رطوبت در محصول می‌باشد که با از دست دادن رطوبت مخصوصا پوسته حالت الاستیک‌تری به‌خود گرفته و میزان نیروی لازم برای نفوذ در آن افزایش می‌یابد (Ramirez *et al.*, 2015; Moallemiyan *et al.*, 2012). با توجه به نتایج بیشترین افت وزن و از دست دادن رطوبت مربوط به نمونه شاهد است که بیشترین سفتی را در طول زمان از خود نشان داده که با پوشش دادن این تغییرات به‌صورت معنی‌داری کمتر شده که مشابه نتایج دیگر محققان است (Ramirez *et al.*, 2015; Martinz 2010; Pizato *et al.*, 2013).

نتیجه‌گیری

به‌صورت کلی مشاهده شد که در تولید فیلم با افزایش میزان اسید اولئیک میان ضخامت و ازدیاد طول تا پارگی افزایش ولی مقاومت کششی و نفوذپذیری به بخار آب و حلالیت کاهش پیدا کرده است. با توجه به روش تولید امولسیون میزان نفوذپذیری به بخار آب کاهش معنی‌داری داشته که بسیار ارزشمند است. ولی از طرفی این مقدار اسید اولئیک را نمی‌توان تا مقدار زیادی افزایش داد زیرا بافت فیلم خواص خود را از دست داده و قابلیت نفوذپذیری و مقاومت کششی و ازدیاد طول تا پارگی به‌صورت معنی‌داری کاهش پیدا می‌کند. با توجه به نتایج، پوشش حاوی 10% اسید اولئیک برای پوشش‌دهی میوه انتخاب شد.

استفاده از غلظت‌های مختلف ماده خشک امولسیون در پوشش‌دهی گوجه سبز تاثیر معنی‌داری در جلوگیری از افت وزن سفتی و افت رنگ میوه‌ها داشته است (شکل 5). اما این تغییرات در بین غلظت‌های مختلف، زیاد معنادار نمی‌باشد و به نظر می‌رسد می‌توان از غلظت 10 و 12% امولسیون نشاسته اکسید شده و اسید اولئیک برای پوشش دهی مناسب با کمترین افت وزن و رنگ استفاده کرد. با توجه به اینکه نشاسته اکسید شده بسیار شفاف و درخشنده است و ویسکوزیته

پایینی دارد از لحاظ شکل ظاهری تاثیر منفی نداشته و میتوان از آن در پوشش مواد غذایی استفاده کرد.

منابع

Bourtoom, T., 2008. Edible films and coatings: characteristics and properties. International Food Research Journal, 15(3): p. 237-248.

Baldwin, E.A., R. Hagenmaier, and J. Bai, 2011. Edible coatings and films to improve food quality: *CRC Press*.

Fakhouri, F.M., et al., 2015. Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 109: p. 57-64.

Galus, S., et al., 2012. Effect of modified starch or maltodextrin incorporation on the barrier and mechanical properties, moisture sensitivity and appearance of soy protein isolate-based edible films. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 16: p. 148-154.

Villacrés, R.A.E., S.K. Flores, and L.N. Gerschenson, 2014. Biopolymeric antimicrobial films: Study of the influence of hydroxypropyl methylcellulose, tapioca starch and glycerol contents on physical properties. *Materials Science and Engineering*: C, 36: p. 108-117.

Embuscado, M.E. and K.C. Huber, 1991. Edible films and coatings for food applications. 2009: Springer.

Nisperos-Carriedo, M.O., E.A. Baldwin, and P.E. Shaw, 1991. Development of an edible coating for extending postharvest life of selected fruits and vegetables. *J. Amer. Hort. Sci*, 107: p. 57-60.

de Aquino, A.B., A.F. Blank, and L.C.L. de Aquino Santana, 2015. Impact of edible chitosan–cassava starch coatings enriched with Lippia gracilis Schauer genotype mixtures on the shelf life of guavas (Psidium guajava L.) during storage at room temperature. *Food chemistry*, 171: p. 108-116.

Jiménez, A., et al., 2012. Edible and biodegradable starch films: a review. Food and Bioprocess *Technology*, 5(6): p. 2058-2076.

Petersson, M. and M. Stading, 2005. Water vapour permeability and mechanical properties of mixed starch-monoglyceride films and effect of film forming conditions. *Food Hydrocolloids*, 19(1): p. 123-132.

Anker, M., et al., 2002. Improved water vapor barrier of whey protein films by addition of an acetylated monoglyceride. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(1): p. 81-92.

Schmidt, V.C.R., et al., 2013. Water vapor barrier and mechanical properties of starch films containing stearic acid. *Industrial Crops and Products*, 41: p. 227-234.

Sánchez-Ortega, I., et al., 2016. Characterization and antimicrobial effect of starch-based edible coating suspensions. *Food Hydrocolloids*, 52: p. 906-913.

Galus, S. and J. Kadzińska, 2015. Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Trends in Food Science & Technology*, 45(2): p. 273-283.

Fakhouri, F.M., et al., 2009. Effect of fatty acid addition on the properties of biopolymer films based on lipophilic maize starch and gelatin. *Starch-Stärke*, 61(9): p. 528-536.

Rhim, J.-W., et al., 1999. Physical characteristics of emulsified soy protein-fatty acid composite films. *Sciences des aliments*, 19(1): p. 57-71.

Gontard, N., et al., 1994. Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapour permeability and other physical properties. I*nternational journal of food science & technology*, 29(1): p. 39-50.

Taqi, A., et al., 2013. Effect of Laurus nobilis L. oil, Nigella sativa L. oil and oleic acid on the antimicrobial and physical properties of subsistence agriculture: the case of cassava/pectin based edible films. *Food and agricultural immunology*, 24(2): p. 241-254.

Pérez-Mateos, M., P. Montero, and M. Gómez-Guillén, 2009. Formulation and stability of biodegradable films made from cod gelatin and sunflower oil blends. *Food Hydrocolloids*, 23(1): p. 53-61.

Vásconez, M.B., et al., 2009. Antimicrobial activity and physical properties of chitosan–tapioca starch based edible films and coatings. *Food Research International*, 42(7): p. 762-769.

Fabra, M., P. Talens, and A. Chiralt, 2010. Properties of sodium caseinate films containing lipids. Food Hydrocolloids: Characteristics, *Properties and Structures.* Novapublishers,

Jiménez, A., et al., 2010. Effect of lipid self-association on the microstructure and physical properties of hydroxypropyl-methylcellulose edible films containing fatty acids. *Carbohydrate Polymers*, 82(3): p. 585-593.

Jiménez, A., et al., 2012. Effect of re-crystallization on tensile, optical and water vapour barrier properties of corn starch films containing fatty acids. *Food Hydrocolloids*, 26(1): p. 302-310.

Bonilla, J., et al., 2012. Effect of essential oils and homogenization conditions on properties of chitosan-based films. *Food Hydrocolloids*, 26(1): p. 9-16.

Duan, J., et al., 2011. Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions. P*ostharvest Biology and Technology*, 59(1): p. 71-79.

Ribeiro, C., et al., 2007. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 44(1): p. 63-70.

Mali, S., et al., 2006. Effects of controlled storage on thermal, mechanical and barrier properties of plasticized films from different starch sources. *Journal of Food Engineering*, 75(4): p. 453-460.

Garcia, M., M. Martino, and N. Zaritzky, 2000. Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings. J*ournal of food science*, 65(6): p. 941-944.

Duan, J., et al., 2016. Effect of combined chitosan-krill oil coating and modified atmosphere packaging on the storability of cold-stored lingcod (*Ophiodon elongates*) fillets. *Food Chemistry*, 2010. 122(4): p. 1035-1042.

Abugoch, L., et al., 2015. Shelf-life of fresh blueberries coated with quinoa protein/chitosan/sunflower oil edible film. *Journal of the Science of Food and Agricultur*e, 96(2): p. 619-626.

Gol, N.B., M.L. Chaudhari, and T.R. Rao, Effect of edible coatings on quality and shelf life of carambola (*Averrhoa carambola* L.) fruit during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1): p. 78-91.

Soliva-Fortuny, R.C., et al., 2002. Browning, polyphenol oxidase activity and headspace gas composition during storage of minimally processed pears using modified atmosphere packaging. J*ournal of the Science of Food and Agriculture*, 82(13): p. 1490-1496.

Ramirez, M., et al., 2015. Effect of Chitosan, Pectin and Sodium Caseinate Edible Coatings on Shelf Life of Fresh-Cut Prunus persica var. Nectarine. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6): p. 2687-2697.

Qi, H., et al., 2011. Extending shelf-life of fresh-cut ‘Fuji’apples with chitosan-coatings. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(1): p. 62-66.

Moalemiyan, M., H.S. Ramaswamy, and N. Maftoonazad, 2012. Pectin-Based Edible Coating For Shelf-Life Extension Of Ataulfo Mango. *Journal of Food Process Engineering*, 35(4): p. 572-600.

Martins, R., 2010, Minimal processing of peaches Aurora-1’: Stages of maturation, packaging, storage temperatures and natural additives. Thesis. School of Agricultural Sciences and Veterinary). Estadual Paulista University. 145p.

Pizato, S., et al., 2013. Effects of different edible coatings in physical, chemical and microbiological characteristics of minimally processed peaches (prunus persica l. batsch). *Journal of Food Safety*, 33(1): p. 30-39.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 15, No. 4, Oct- Nov 2019, p. 517-527

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 15، شماره 4، مهر - آبان 1398، ص. 527-517

Investigation of physical and mechanical properties of edible film based on starch and oleic acid: application of coating on Greengage

M. Taghizadeh[1*], A. Eghbal[2]

Received: 2017.09.22
Accepted: 2018.11.06

Introduction: One of the methods for increasing shelf life of food is the use of edible coatings, since films and coatings have an important role in the enhance of shelf life and food product's marketing. Various edible films are nowadays used for food packaging. Using of these biodegradable compounds is a new method of replacing polymeric materials and of increasing shelf life of food. Film and coating can control the diffusion of water, oxygen and carbon dioxide. Edible coatings also have the ability to enhance color, acid, sugar and taste during storage. Starch as a natural polymer be a lot in the nature and has a low cost and due to its structure containing amylose and amylopectin it is a suitable option for its use as film and edible coating because starch is barrier for oxygen, semi-permeable to CO_2, and has good mechanical properties, therefore suitable for packaging films and edible coatings. However, due to the hydrophilic properties of starch, the starch based films are permeable to moisture and water vapor. One of the ways to reduce water vapor permeability for films and edible coatings is to use hydrophobic compounds such as oleic acid that formed in two layers. There is starch in the lower part of layer. Hydrophobic compound place in the upper layer and it is the barrier for water vapor. The main purpose of this research was to produce edible films based on starch and oleic acid and to investigate their characteristics (thickness, solubility, water vapor permeability, and tensile strength). One of the suitable treatments was then selected and tested at three concentrations as a film coating for greengage, and cases of pH drop and loss of weight, color, and hardness of the samples were recorded for four weeks.

Material and methods: First, the film of starch and oleic acid were prepared and then the edible film characteristics such as thickness, solubility, water vapor permeability and tensile strength were measured. After evaluating the film parameters, the optimal amount of oleic acid was selected, then the starch and oleic acid solution of 8, 10, 12 g / l were prepared based on film formulation including starch, glycerol, oleic acid and tween 80. Then the characteristics of Greengage such as weight loss, pH, color and rigidity were measured.

Result & discussion: The addition of oleic acid resulted increases in thickness of the edible films because of the increase in the material during solvent drying and variation in the relative humidity of the environment during drying of the material.

Solubility: By increasing the amount of oleic acid, the amount of solubility decreased, which could be due to the change in the polarity of the film compounds, which increases the hydrophobicity of the film by increasing the oleic acid that is non-polar, and keep the polar parts away from water. Oleic acid, due to good hydrophilic properties, significantly reduces the vapor flow rate. According to the results, the lowest water vapor permeability is for 10% of oleic acid in the film. According to the results, the amount of tensile strength decreased with increasing oleic acid content. On the other hand, elongation has increased with the increase of oleic acid, and this again decreased in the film with 15% oleic acid. Oleic acid is a short-chain fatty acid, so it can be located between the amylose and amylopectin strands as a plasticizer and because of this, the amount of hydrogen cross link in the film has decreased and its resistance has decreased. Subsequently tensile stress of film increased due to the good and proper distribution of oleic acid in the film. But at the level of 15%, this amount of oleic acid was high, increasing the gap between the amylose and amylopectin strands, followed by weakened films, and both the tensile strength and long elongation were reduced. Regarding the parameters obtained in the film production (mechanical strength and transparency and water vapor permeability) the film formulation with 10% oleic acid was selected and the solutions with total solid of 8%, 10% and 12% for Greengage coating are selected. It is observed that weight loss for coated samples is less than the control sample. These results confirm the starch barrier against the passage of oxygen and carbon dioxide. In all treatments pH has increased over time. The increase in pH in the control sample is than the coated samples because of different respiration rates. Coated sample is a suitable gass barrier followed by reduce the amount of respiration rate, resulting in a slower rate of pH change. In the third and fourth weeks, changes were significant, and in the control samples, the amount of light was higher and the green's index in them decreased. Color changes in fruits can take place due to loss of moisture and chemical and enzymes reactions. Proteolytic

1 and 2. Assistant Professor and M.Sc. Student, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad.
(* Corresponding author E-mail: mtaghizadeh @um.ac.ir)

enzymes such as polyphenol oxidase can destroy phenolic compounds that affect color. According to the results, the highest weight loss and moisture loss associated with the control sample showed the highest rigidity over time, which significantly reduced these changes with coating the sample. It seems that the concentration of 10 and 12% of oxidized starch and oleic acid emulsion can be used for proper coating with the least loss of weight and color. Due to the fact that the oxidized starch is very transparent and has a low viscosity, its appearance is not negatively affected and can be used in food coatings.

Key words: Film, Coating, Oxidized Starch, Oleic acid, Greengage.